جایگاه ساختمان های هوشمند در شهر الکترونیک

عابدین واحدیان
دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد
vahedian@um.ac.ir

مهدی کارگر
پژوهشکده علوم و صنایع غذائی خراسان
kargar@kstp.ir

چکیده - ساختمان هوشمند به دسته‌ای از اماکن و ابنیه اطلاق می شود که بهترین اصول طراحی، مصالح، سامانه ها و فناوری ها را جهت ارائه محیطی هوشمند، پاسخگو و کارآمد برای ساکنین، مالکین و یا بهره برداران در طول عمر ساختمان به‌کار می‌برند. در مقایسه با ساختمان های سنتی، مجتمع های هوشمند قادر به کاهش قابل توجه مصرف انرژی، عملیات نگهداری و هزینه های خدمات از یک سو و نیز ارائه امکانات ارتباطی، امنیتی و مدیریتی و همچنین قابلیت طراحی های تکمیلی و یا طراحی مجدد از سوی دیگر می باشند. مدیریت یکپارچه بر مبنای معماری شهرالکترونیک دیدگاه نوینی را فراروی مدیران شهر قرار می دهد که در این میان "ساختمان هوشمند" یکی از ارکان اصلی در مدیریت منابع شهری و تحقق شهرداری الکترونیکی است. مقاله حاضر به بررسی جایگاه ساختمان هوشمند از منظر عضوی هوشمند در کالبد شهری و ارائه الگوئی برای ایفاء نقش آن در تحقق مدیریت نوین شهری می پردازد.

کلید واژه- ساختمان هوشمند، مدیریت یکپارچه، شهرالکترونیک، شهرداری الکترونیک

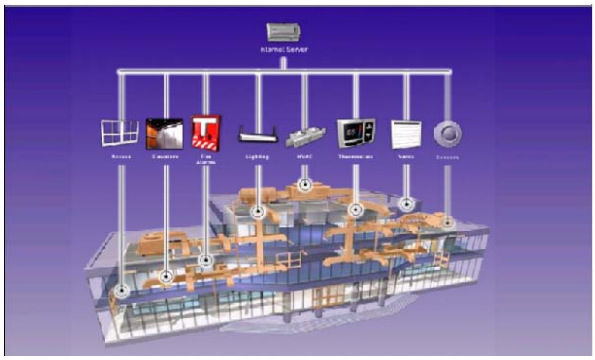
۱- مقدمه

با گذشت دورانی نه چندان طولانی از ظهور روشهای کنترل بر تاسیسات و شرایط محیطی ساختمان ها و اماکن، دوره‌ای دیگر در کنترل الکترونیکی و متمرکز مجتمع ها آغاز شد که در آن کنترلرهای مبتنی بر اندازه گیری و فرمان جایگاه مطمئنی برای کنترل شرایط یک مجتمع ساختمانی را به دست آوردند. اما دیری نپایید که مفهوم ساختمان هوشمند با هدف تامین محیطی کارآ، هوشمند و پاسخگو برای ساکنین از یک سو و نیز بهینه سازی مصرف انرژی و کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری از سوی دیگر و با دیدگاه نظارت و مدیریت مبتنی بر بسترهای فناوری اطلاعات و ارتباطات پا به عرصه وجود نهاد. در تعریف جدید، بجای ایجاد صرف یک فضای مطبوع بر اساس تنظیمات اولیه انطباق با خواست ساکنین آن فضا و یا مدیران نیز اهمیت پیدا می کند. بر این مبنا، مفهوم ساختمان هوشمند به مجتمع هایی اطلاق گردید که بتوانند با بهترین اصول طراحی، مواد و مصالح، سامانه ها و فناوری ها، مناسب ترین و هوشمند ترین فضا را فراهم آورند[۱]. لذا کارآیی ساختمان هوشمند از تنظیم تهویه مطبوع، اعلام و اطفاء حریق، کنترل و شمارش ورود و خروج، تشخیص پراکندگی ساکنین و مراجعین در داخل ساختمان، تشخیص تغییر و انطباق با شرایط تا تامین ارتباطات اطلاعاتی با شبکه های اینترنت، شبکه های بانکی و تجارت الکترونیک از جمله قابلیتهای مورد انتظار محسوب گردید. در ادامه به تبیین قابلیتهای این فناوری و جایگاه فعلی آن، معماری و نیز جایگاه هوشمند سازی در مدیریت کلان شهری می پردازیم.

۲- قابلیت های ساختمان هوشمند

شاید اولین دستاورد ساختمان هوشمند در مقایسه با ساختمان سنتی بهینه کردن مصرف انرژی، کاهش هزینه های نگهداری و خدمات و تامین خدمات امنیتی بهتر و نیز سهولت در باز طراحی و بالاخره افزایش رضایتمندی ساکنین قلمداد شود. گزارشاتی از بازگشت هزینه هوشمند سازی ساختمانها و مجتمع ها در جهان که فقط از طریق صرفه جوئی در هزینه انرژی مصرفی محقق شده است وجود دارد که بازگشت دوره ای سرمایه گذاری را در نتیجه کاهش مصرف (و متقابلا کاهش تعرفه) تائید می نمایند [۳-۲]. سایر منافع مترتب بر ساختمان هوشمند مشتمل بر قابلیت انطباق با تغییرات در کاربری ها، تغییرات در فناوری ها و کارآیی محیطی آن به منظور ایجاد شرایط کاری سهل تر و مطبوع تر و با امنیت بیشتر است. مدافعین ساختمان های هوشمند حتی معتقدند که بهره وری شاغلین در این ساختمان ها با بهبود شرایط محیط کار افزایش می یابد. به

همین دلیل در خلال دهه گذشته مفهوم ساختمان هوشمند یک ملاحظه جدی در طراحی بسیاری از ساختمان های اداری تازه تاسیس و یا مرمت شده بوده است [۴]. این مفهوم حتی تا مرحله ارائه مدل برای هوشمند سازی منازل، کاخانجات، مراکزآموزشی، پزشکی و خدماتی نیز پیش رفته است [5]. سامانه های هوشمند که در این ساختمان به کار گرفته می شوند بعنوان مثال قابلیت تشخیص زود هنگام و دقیق وقوع حریق را داشته و حتی می توانند به ماموران آتش نشانی امکان تدوین طرح مقابله با آتش قبل از رسیدن به محل را بدهند. سایر اجزاء در ساختمان هوشمند امکان تخلیه سریع، به کارگیری آسانسورها و پله های برقی و درب ها را برای این موضوع فراهم می کند و این هنوز بخشی از عملکردهای ساختمان هوشمند است. شکی نیست که خطای انسانی و فقدان مسئولیت پذیری که منتهی به حوادث غیر قابل جبران می گردد با بکارگیری سامانه های هوشمند به حداقل رسیده و لذا می توان در هزینه های مختلف نگهداری تاسیسات و مدیریت منابع ساختمان صرفه جویی قابل توجهی نمود. شکل۱ عناصر اصلی تشکیل دهنده و قابلیت های بالقوه آن را نشان می دهد.

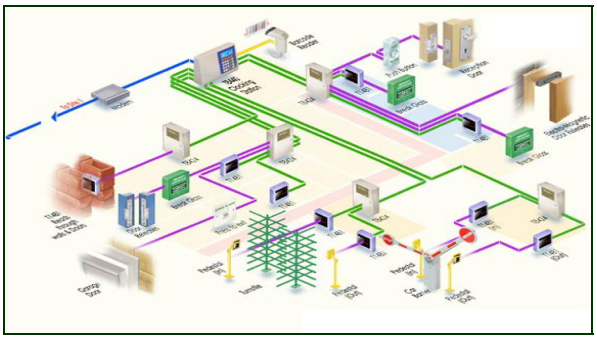


شکل۱. اجزاء اصلی قابل کنترل در ساختمان

برای تحقق ساختمان هوشمند اجزاء مختلفی در مطالعات، اجرا و بهره برداری ساختمان دخیل است که همین موضوع نقش و جایگاه آن را در مدیریت شهری برجسته می نماید. انتخاب زمین، محیط جغرافیایی، انتخاب مصالح ساختمانی، طراحی سازه، معماری داخلی و بالاخره پیش بینی قابلیت های اتوماسیون و کنترل اجزاء دخیل درایمنی ساختمان و نیز کنترل دسترسی و شناسائی افراد مختلف مبانی و چارچوب فعالیت های عمرانی و شهرسازی را تحت تاثیر قرار می دهد. لذا لحاظ شدن اصول طراحی هوشمند به استانداردهای اجباری مهندسی ساختمان در اینده چندان بعید نمی‌باشد.

۳- معماری ساختمان هوشمند

کالبد سخت افزاری مورد استفاده در ساختمان هوشمند شبکه ای از حسگرها(sensors) و عملگرها(actuators) با عملکرد محلی (Local Operating Network) اما با قابلیت مبادله داده با سایر سامانه های مبتنی بر ICT است. در شکل ۲ این سامانه بصورت بستر ارتباطی شبکه سخت افزاری دیده می شود.



شکل۲. بستر ارتباطی شبکه سامانه هوشمند

این نحوه معماری شبکه سخت افزاری ضمن تامین استقلال عملکردی و کنترلی سامانه برای ساختمان، قابلیت نظارت بروضعیت و در شرایطی اعمال کنترل را ازخارج از ساختمان فراهم نموده و برای کاربردهای مدیریتی فراوانی تغذیه اطلاعاتی انجام می دهد. بنابراین، در این معماری کلیه حسگرها هوشمند تلقی شده و هر مجموعه با کارآیی مشابه تحت یک ناحیه(zone) قرار می گیرد. به طوریکه از طریق کنترلر هر ناحیه که نقش رابط (router) با شبکه داده را نیز دارد امکان قرار گرفتن تمامی حسگرها به عنوان نقاط قابل دسترسی فراهم می گردد. برای کنترل هوشمند یک ساختمان بزرگ اداری تجاری خدماتی لازم است که کمیت هائی چون دما، نور، رطوبت، شمارش ورود و خروج مراجعین، حضور و غیاب کارکنان، وضعیت مراجعین در هر بخش ساختمان، وضعیت دسترسی به نقاط خاص ساختمان و تاسیسات، وضعیت مصرف انرژی در مبادی مختلف ساختمان، وضعیت و موقعیت اشیاء شناسه دار(tagged) اعم از خودروها پرونده ها و یا حتی فرآیندهای کاری اندازه گیری شوند. هوشمند بودن در نقاط حسگر این قابلیت را فراهم می کند که وضعیت عملکردی آن نقطه همواره

دراختیار اپراتور و نیز مدیریت های مربوطه قرار گیرد. همین قابلیت است که ارزش زیادی در تامین امنیت و افزایش بهره وری دارد چرا که هزینه بالای بازدیدهای ادواری و تبعات ناشی از عدم دقت و خطای اپراتورهای انسانی را جبران می نماید. در شرایط عدیده‌ای یک ساختمان یا مجتمع دچار آتش سوزی شده ولی به دلیل فرسودگی حسگرهای معمولی تشخیص حریق و یا به خاطر عدم بازدید منظم و دوره‌ای صدمات فراوانی وارد شده است.

عملگرها نیز در این معماری نقاط هوشمند قابل دسترسی بوده و علاوه بر نقش کلیدی در اجرای فرامین صادره از سامانه کنترل هوشمند، وضعیت خود را بر روی شبکه ارتباطی و اطلاعاتی مدیریت واحد شهر الکترونیک قابل مشاهده، بررسی و ذخیره سازی خواهند نمود. هوشمند بودن در نقاط عملگر نیزاین قابلیت را فراهم می کند که وضعیت نقطه را از نظر عملکردی گزارش نموده و دراختیار اپراتور و مدیریت های مربوطه قرار گیرد. این قابلیت عملگر خصوصا در یک مجتمع بزرگ از دستاوردهای قابل توجه در هوشمند بودن عملگرهاست. ابزارهائی که دربها، پله ها، آسانسورها، روشنائی، سیستم های تهویه، شیرهای آتش نشانی، مخازن گاز اطفاء حریق، حرکت دوربینهای نظارت تصویری و از این دست را کنترل نموده و فرمان دهند.

نرم افزار در یک سامانه ساختمان هوشمند دو نقش اساسی را ایفاء می کند. اول پیوند دهنده کمیات اندازه گیری شده به برنامه کنترل هوشمند و نهایتا عملگرهای هوشمند می باشد. دوم ارتباط دهنده شبکه کنترل ساختمان با شبکه داخلی، شبکه محلی (LAN) و یا شبکه شهری (WAN) است. وجود نرم افزار بعنوان هدایتگر شبکه عصبی یک مجموعه هوشمند شرایط فوق العاده ای را از نظر ارائه اطلاعات، آمار و تغذیه اطلاعاتی مدیران در سامانه MIS نشان می دهد. گزارشات آماری مختلف اعم از میزان نقل و انتقالات محموله های شناسه دار، مراجعات، شرایط کاری سیستمهای مدیریت فضاو نیز قابلیت های نظارتی امنیتی قابل حصول می گردد که این بخش از توانائی های بالقوه اینگونه ساختمانها مورد توجه این بحث است.

۴- جایگاه ساختمان هوشمند در شهر الکترونیک

در میان اجزاء مختلف موثر در تحقق ساختمان هوشمند، نقش فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) برای پیاده سازی امکانات کنترل و نظارت متمرکز محلی و توزیع شده شبکه شهری در خور توجه است. نقش این فناوری بعنوان مکمل معماری سخت و نرم افزاری در ایجاد قابلیت هائی چون کنترل وضعیت ساختمان و اعمال فرمان جهت اداره تاسیسات از راه دور، امکان نظارت بر گروهی از ساختمانها با کاربریهای واحد، نظام اداره الکترونیکی، گسترش و توزیع خدمات شهری میان ساختمانهای مختلف می باشد. قابلیت هایی نظیر بهینه سازی فرایندهای اداری خدماتی در تعامل شهرداری الکترونیک با شهروند الکترونیک، کاهش زمان پاسخگوئی، کاهش تقاضای سفر درون شهری، کاهش مصرف انرژی، بهبود کیفیت محیط زیست و نیزافزایش سلامت روانی جامعه، دورنمائی است که حاکی از جایگاه ساختمان هوشمند در مدیریت واحد شهری می باشند.

در واقع قابلیت "مدیریت پذیری" چنین مجموعه هائی در بافت شهری مزایای ویژه ای را فراروی مدیران شهری قرار می دهد. رکن اصلی مدیریت پذیری، بعنوان مفهوم هوشمند انگاری یک عضو از جامعه مورد مطالعه ایجاب می نماید که هسته اصلی عملکرد هوشمندانه در کالبد عضو تعبیه گردد بطوریکه توانائی اداره خود را برابر آنچه که در توان تصمیم گیری وی نهاده شده است احراز نماید. علاوه بر آن عضو بایستی دارای قابلیت ایجاد ارتباط با سایر عناصر و از جمله مدیریت بوده و نیز فرمان پذیری را در نهاد خود ملحوظ داشته باشد. بنابراین نقش کلیدی ساختمان هوشمند بعنوان یک مجموعه‌ی منابع باید مشتمل بر خصوصیاتی باشد که عبارتند از:

ساختمان هوشمند در مدیریت بحران بر اساس استفاده صحیح از منابع و دسترسی ها از ایجاد بهم ریختگی و سراسیمه گی جلوگیری نموده و نقشه بهینه را برای کمینه کردن تبعات ناشی از بحران ارائه می دهد. در حوادثی نظیر آتش سوزی وجود شبکه حسگرهای هوشمند امکان می دهد تا اقدامات مربوط به اطفاء حریق با رعایت وضعیت مکان پیگیری گردد.

ساختمان هوشمند از حضور کارکنان در محل کار مطلع و از ثبت اطلاعات آماری مربوط به ورود و خروج کارکنان تا ایجاد ارتباط تلفنی و پیجینگ هوشمندانه به نقطه حضور آنها در هر مکان، ساختمان را مدیریت می نماید.

ساختمان هوشمند از وجود عناصری که بدان حساس شده است اطلاع می یابد. بنابراین در راستای بهروه وری،

پاسخگوئی و نیز کاهش هزینه های پرسنلی و خدماتی از نقل و انتقال اشیاء، محموله های پستی، و موجودی های انبار خودروها، پرونده ها، بایگانی ها و سایر ذخایر با ارزش سابقه تهیه می نماید.

خصوصیات فوق هنوز به مدیریت منابع در درون ساختمان و مدیریت داخلی آن مربوط است. ساختمان هوشمند با قابلیتهائی این چنین فقط به یک بستر ارتباطی و اطلاعاتی در نظام جامع شهر الکترونیک نیاز خواهد داشت تا بتواند منبع کلیدی تامین اطلاعات برای سامانه اطلاعات مدیریت (MIS) شهری گردیده و متقابلا خواسته های مدیریتی را دریافت و در رویه هوشمندانه خود اعمال نماید. دورنمائی از اینگونه قابلیتهای مدیریتی ساختمان هوشمند عبارتند از:

ساختمان هوشمند در تحقق سازمان مجازی نقشی منحصر به فرد دارد چرا که با اطلاع از وضعیت عملکردی، منابع موجود و منابع بلااستفاده، نیاز موجود و نیزاطلاع از سایر عوامل مرتبط امکان جابجائی و یا انتقال بخشی از روال و یا خدمات سازمان به ساختمان هوشمند فراهم خواهد گردید.

ساختمان هوشمند در مدیریت دانش جایگاه خاصی دارد. هنگامیکه که با سوالات اساسی چون دانش موجود در یک موضوع خاص یا پاسخ احتمالی به یک سوال خاص و یا تجربه موجود در یک مورد قبلی مواجه هستیم به محل تمرکز این نوع دانش، صاحب دانش و یا محل احتمالی برای کاوش در آن دانش متوجه می گردیم. ساختمان هوشمند در این باب نیز می تواند در تامین جریان ریان دانش و مدیریت آن ایفاء نقش نماید.

ساختمان هوشمند در خدمات اطلاع رسانی از طرح تقسیم بندی به نواحی اطلاع رسانی که احتمال نفوذ اطلاعات در آنها بالاتر است استفاده خواهد کرد.متقابل یک ساختمان هوشمند پایگاه ارائه محتوای اموزشهای الکترونیکی نیمه رسمی و غیر رسمی به ساکنین و مراجعین خواهد بود.

ساختمان هوشمند تامین کننده شایسته اطلاعات در هنگام مواجهه با بحران ها و حوادث بوده و با قابلیت تشخیصی (identification) خود قادر به ردیابی و نظارت خواهد بود. چنین ساختمانی می تواند در هنگام بروز حوادث غیر مترقبه با مدیریت بحران در تعامل قرار گرفته و گزارشهائی از وضعیت منابع و سایر اقلام اطلاعاتی را که برای آن برنامه ریزی شده است اعلام داشته و حتی دسترسی ها را به منابع و فضاها محدود نموده و به اصطلاح بحران را درک کند.

تحقق چنین دورنمائی به معماری مناسبی برای شبکه‌ی ساختمانهای هوشمند نیازمند خواهد بود که در حال حاضر استانداردی برای تحقق آن وجود ندارد. اما برای شروع به پیاده سازی، بهترین راه آن است که ضمن برآورده کردن نیازهای امروز در تجمیع سامانه های اینده وضعیت فعلی حفظ گردد. بنابراین بهترین راه حلها وابسته به پروتکل هائی خواهد بود که در دراز مدت موفق از اب درآیند. در حال حاضر راه حل ایده‌آلی وجود ندارد چرا که روشهای بهینه بر اساس نیاز بهره برداران از اماکن متفاوت است[6] .

اما در ساختمانهای اداری تجاری و آموزشی باید ایجاد ارتباط بر مبنای پروتکل های باز (open protocols) وضع شود. علاوه بر آن پیشرفتهای قابل توجه در سطح نرم‌افزار، سکوهای ارتباطی سامانه ها را به واسطهای مبتنی بر مرورگرهای اینترنت سوق داده و برای سازمانهائی چون شهرداری که دارای ساختمانها و اماکن گوناگون و متفرق هستند چنین ضرورتی کاملا به وجود آمده است[7] .

یک پیشنهاد مناسب برای بهم پیوستن ساختمانهای هوشمند معماری مش (mesh) می باشد که در حال حاضر برای مصارف ارتباطی و اطلاعاتی میان ساختمانهای مختلف در یک شهر به شکل راه حل قابل اعتماد در آمده است [8]. چنین شبکه ای اعم از اینکه بصورت سیمی (wired) و یا بیسیم (wireless) برقرار شود بستر ارتباطی مناسبی برای پیاده سازی یک پروتکل باز بر مبنای رابطهای web-based جهت ایجاد تعامل منطقی میان انواع سامانه های هوشمند از یک سو و انطباق با محصولات گوناگون از سازندگان مختلف در زمینه سامانه های ساختمان هوشمند است.

در این راستا، هوشمندسازی ساختمان های شهرداری و مجموعه های فرهنگی، اداری و ورزشی وابسته به شهرداری به سامانه بهینه سازی مصرف انرژی از اولین قدمها به شمار می‌رود. آنچه که در این زمینه می توان پیشنهاد نمود سامانه ای هوشمند و در عین حال اقتصادی جهت کنترل سیستم های گرم کننده و هواساز و نیز روشنایی سالن ها، کریدورها، تالارها، مداخل ورودی و قسمتهایی از محوطه ها و طبقات ساختمان است. قدم بعدی حرکت به سوی هوشمندسازی ساختمان هائی که مدیریت مصرف انرژی را تجربه کرده‌اند می‌باشد. این مرحله از هوشمند سازی

ساختمان ها، مدیریت زمان و بهبود شاخص های بهره وری در ارائه خدمات به مراجعین است. هرچند که شهرداری الکترونیکی با گسترش خدمات خود نیاز و ضرورت مراجعه حضوری را مرتبا کاهش داده است و قطعا این روند در آینده نیز ادامه خواهد یافت، اما استفاده از ابزارهای هوشمند سازی ساختمانها و مراکز خدمات اداری و شهری در کنار تدوین روشهای نرم افزاری ارائه خدمات الکترونیکی به شهروندان در زمره گامهای اساسی است. گامهای بعدی در تحقق دیگر قابلیتهای ساختمان هوشمند بایستی متناسب با کاربریهای اصلی و شرح عملکردی (functionality) یک مجتمع یا مکان و بر اساس نیازها در سالهای آتی مطالعه تعریف و محقق گردند.

مدیریت واحد در شهر الکترونیک به شهرداری الکترونیک و نیز شهروند الکترونیک وابسته بوده اما این سه در کنار ساختمان هوشمند مدیریت یکی از اصلی ترین منابع موجود در کالبد شهری را امکان پذیر خواهند نمود. لذا اگر امروز آهنگ حرکت به سوی پیاده سازی ساختماهای هوشمند با جدی شدن بکارگیری این فناوری در ترمینالهای فرودگاه، اتوبوس، قطار، قطار شهری، مراکز اداری وخدماتی از سوی شهرداری آغاز شده و شاخص های بهره‌وری از این منابع در قبل و بعد اندازه گیری شود، دیری نخواهد پائید که هوشمند سازی ساختمان به سطح مجتمع های مسکونی نیز اشاعه یافته و همگان از آن بهره خواهند برد.

مراجع

[۱]- ASHRAE. 2001. 2001 ASHRAE handbook-Fundamentals, Chapter 15 - Fundamentals of Control. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.

[۲]-"Agent building and learning environment", http://www.alphaworks.ibm.com/tech/able.

[۳]- www.landfield.com

[۴]- Graham Clarke Victor Callaghan. "A soft-computing architecture for intelligent buildings". Technical report, Department of Computer Science, University of Essex and Department of Computer Science, University of Hull, 2000.

[۵]- Magnus Boman, Paul Davidson, and Hakan L. Younes, "Artificial decision making under uncertainty in intelligent buildings", Proceedings of the Fifteenth Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence, pages 65-70, 1999.

[۶]- http://www.cs.berkeley.edu/~kamin/pubs/whitehouse05emnets.pdf

[۷]- Plönnigs, J.; Neugebauer, M.; Kabitzsch K. "A traffic model for networked devices in the building automation". Proceedings of IEEE International Workshop on Factory Communication Systems WFCS'2004, Vienna, Austria, 2004, 137-145.

[۸]- http://www.modicon.com/August2001